

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) RU (11) **2 569 485** (13) C2

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
(51) МПК
[G01N 24/10 \(2006.01\)](#)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Статус: не действует (последнее изменение статуса: 07.12.2018)

(21)(22) Заявка: [2013153277/28](#), 29.11.2013(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
29.11.2013

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 29.11.2013

(43) Дата публикации заявки: 10.06.2015 Бюл. №
[16](#)(45) Опубликовано: [27.11.2015](#) Бюл. № [33](#)

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: SU 1739751 A1, 10.10.1995. SU
744310 A1, 30.06.1980. SU 219862 A1,
14.06.1968. US 3532965 A, 06.10.1970. US
3909705 A, 30.09.1975. G. Feher, "Sensitivity
Considerations in Microwave Paramagnetic
Resonance Absorption Techniques", The Bell
System Technical Journal, 29.07.2013.

Адрес для переписки:

620002, г.Екатеринбург, ул. Мира, 19,
Уральский федеральный университет,
проректору по инновационной
деятельности Кортovu С.В.

(72) Автор(ы):

Рокаx Александр Ицкович (RU),
Артёмов Михаил Юрьевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

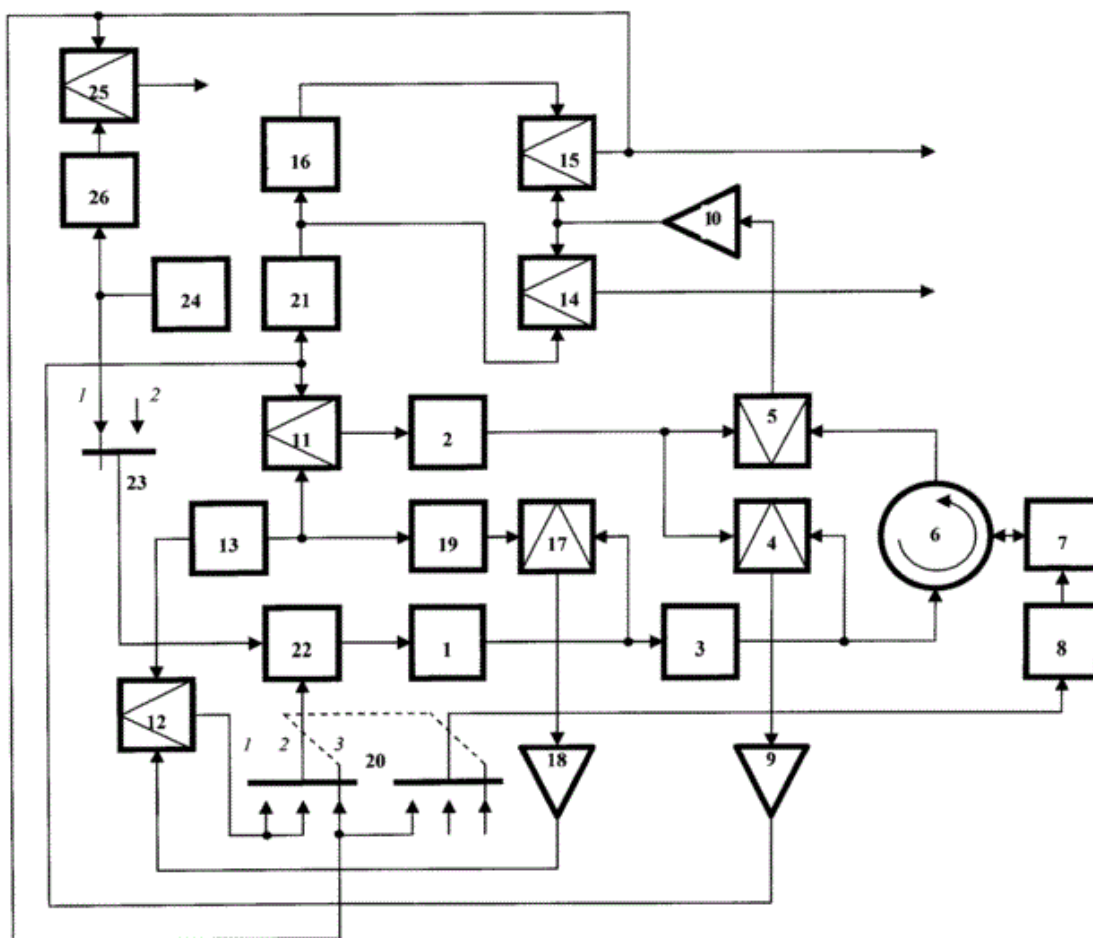
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
"Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н.
Ельцина" (RU),
Акционерное общество "Научно-
производственное объединение
автоматики имени академика Н.А.
Семихатова" (RU)

(54) КОГЕРЕНТНЫЙ СУПЕРГЕТЕРОДИННЫЙ СПЕКТРОМЕТР ЭЛЕКТРОННОГО ПАРАМАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА

(57) Реферат:

Изобретение относится к технической физике и может быть использовано при изготовлении спектрометров электронного парамагнитного резонанса (ЭПР). Когерентный супергетеродинный спектрометр электронного парамагнитного резонанса содержит устройство суммирования напряжений, генератор модуляции, синхронный детектор, фазовращатель сигнала модуляции и двухпозиционный переключатель, а первый фазовращатель выполнен управляемым, причем один из входов устройства суммирования напряжений соединен с общим контактом первой секции двухполюсного переключателя, второй - с общим контактом двухпозиционного переключателя, а выход - с управляющим частотой электродом сигнального генератора СВЧ, выход генератора модуляции соединен с одним из переключаемых контактов двухпозиционного переключателя и со входом фазовращателя сигнала модуляции, выход которого соединен с опорным входом

дополнительного синхронного детектора, сигнальный вход которого соединен с выходом второго синхронного детектора, частота сигнала генератора модуляции меньше граничной частоты полосы пропускания петли ФАПЧ гетеродинного генератора, но больше граничной частоты полосы пропускания петли ФАПЧ сигнального генератора. Технический результат заключается в возможности обеспечения однозначной, в том числе автоматической, настройки фазовых соотношений, приводящих к точному разделению квадратурных компонент сигнала. 1 ил.



Изобретение относится к технической физике и может быть использовано при изготовлении спектрометров электронного парамагнитного резонанса (ЭПР).

Известен спектрометр ЭПР (Guy Rogeret al. Use of a digital PLL in an ESR heterodyne spectrometer // T. Phys R: Sci Instrum, 1981, v.14, p.335-338), содержащий гетеродинный и сигнальный генераторы СВЧ, смесители опорного и сигнального каналов, циркулятор с измерительным резонатором, измерительный аттенюатор, СВЧ-фазовращатель, частотный дискриминатор на основе эталонного высокочастотного резонатора, модуляционную систему автоподстройки частоты сигнального генератора СВЧ, усилители промежуточной частоты (УПЧ) опорного и сигнального каналов, синхронный детектор промежуточной частоты, систему фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) гетеродинного генератора с высокостабильным опорным источником промежуточной частоты и переключатель режимов работы, причем выход гетеродинного генератора соединен с гетеродинным входом смесителя опорного канала и с фазовращателем, выход которого соединен с гетеродинным входом смесителя сигнального канала, выход сигнального генератора соединен с сигнальным входом смесителя опорного сигнала, входом частотного дискриминатора и входом измерительного аттенюатора, первое плечо циркулятора соединено с выходом измерительного аттенюатора, второе с измерительным резонатором, а третье с сигнальным входом смесителя сигнального канала, выход смесителя сигнального канала соединен с входом УПЧ сигнального канала, а его выход с сигнальным входом синхронного детектора промежуточной частоты, выход смесителя опорного канала соединен с входом системы фазовой автоподстройки гетеродинного генератора СВЧ и с входом УПЧ опорного канала, выход УПЧ опорного канала соединен с опорным входом синхронного детектора промежуточной частоты, вход модуляционной системы автоподстройки частоты через переключатель режимов работы соединен либо с выходом частотного дискриминатора, либо с выходом синхронного детектора

промежуточной частоты, а ее выход соединен с управляющим электродом сигнального генератора, выход системы фазовой автоподстройки гетеродинного генератора СВЧ соединен с его управляющим электродом.

Однако этот спектрометр сложен в настройке, что связано с необходимостью подбора нужных фазовых соотношений при помощи регулируемого СВЧ-фазовращателя для каждой установки измерительного аттенюатора, обладает недостаточной стабильностью, связанной с независимостью настройки потенциально нестабильных СВЧ-фазовращателя и измерительного аттенюатора, и недостаточной разрешающей способностью, что связано с использованием модуляционной системы автоподстройки частоты, снижающей спектральную чистоту СВЧ сигнала, но необходимой при непостоянных фазовых соотношениях, в устройстве для различных установок измерительного аттенюатора.

Наиболее близким к изобретению является спектрометр ЭПР (Патент РФ №1739751, МПК⁶ G01N 24/10, опубликован 10.10.1995), содержащий сигнальный и гетеродинный генераторы СВЧ, измерительный резонатор, смесители опорного и сигнального каналов, циркулятор, измерительный резонатор, УПЧ опорного и сигнального каналов, два фазовых дискриминатора, высокостабильный опорный генератор, два синхронных детектора, два фазовращателя, третий смеситель, третий УПЧ, генератор гармоник, переключатель режимов работы и элемент перестройки резонансной частоты измерительного резонатора, а УПЧ опорного канала выполнен как нормирующий усилитель-формирователь, фазовращатели имеют фиксированный фазовый сдвиг.

Недостатком устройства является необходимость предварительной установки фиксированного фазового сдвига в первом фазовращателе, обеспечивающем точное разделение квадратурных компонент сигнала на выходах синхронных детекторов. Такая установка затруднительна, поскольку не только разные экземпляры устройства будут иметь различные задержки сигнала (сдвиги фаз) вследствие естественного разброса параметров компонентов, но и изменения в плече измерительного резонатора, вызванные требованиями эксперимента, также будут сказываться на задержке сигнала. Более того, существуют прогрессивные схемотехнические решения, позволяющие добиться высоких параметров устройства, но имеющие особенность - неопределенность установившейся фазы на угол π . Таким образом, правильный сдвиг фаз в таком устройстве придется подбирать вручную, что не обеспечит необходимой точности, повторяемости и усложнит эксплуатацию устройства.

Задача изобретения - обеспечение возможности однозначного, в том числе автоматического, задания сдвига фазы первым фазовращателем, приводящего к точному разделению квадратурных компонент сигнала.

Поставленная задача достигается за счет того, что когерентный супергетеродинный спектрометр ЭПР, включающий гетеродинный и сигнальный генераторы СВЧ, смесители опорного и сигнального каналов, циркулятор с измерительным резонатором и элементом перестройки резонансной частоты измерительного резонатора, измерительный аттенюатор, усилители промежуточной частоты (УПЧ) опорного и сигнального каналов, два фазочастотных дискриминатора с фильтрами на выходах, два синхронных детектора промежуточной частоты (ПЧ), генератор гармоник, третий смеситель, третий УПЧ, два фазовращателя ПЧ, опорный генератор и двухполюсный трехпозиционный переключатель режимов работ, причем выход гетеродинного генератора соединен с гетеродинными входами смесителей опорного и сигнального каналов, выход сигнального генератора соединен с входом измерительного аттенюатора, первое плечо циркулятора соединено с выходом измерительного аттенюатора, второе с измерительным резонатором, третье с сигнальным входом смесителя сигнального канала, выход которого соединен с входом УПЧ сигнального канала, а его выход с сигнальными входами синхронных детекторов ПЧ, выход смесителя опорного канала соединен с входом УПЧ опорного канала, а его выход с одним из входов первого фазочастотного дискриминатора и входом первого фазовращателя, выход первого фазочастотного дискриминатора системы фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) гетеродинного генератора соединен с управляющим его частотой электродом, сигнальный вход смесителя опорного канала соединен с выходом измерительного аттенюатора, вход генератора гармоник соединен с выходом высокостабильного опорного генератора ПЧ, а выход с опорным входом третьего смесителя, сигнальный вход которого соединен с выходом сигнального генератора СВЧ, выход третьего смесителя соединен с входом третьего УПЧ, выход которого соединен с одним из входов второго фазового дискриминатора, другой вход которого соединен с выходом высокостабильного опорного генератора ПЧ, второй вход первого

фазочастотного дискриминатора соединен с выходом высокостабильного опорного генератора ПЧ, а опорный вход второго синхронного детектора ПЧ соединен с выходом второго фазовращателя ПЧ, вход которого соединен с выходом первого фазовращателя и опорным входом первого синхронного детектора ПЧ, первый и второй переключаемые контакты первой секции переключателя соединены с выходом второго фазочастотного дискриминатора, третий переключаемый контакт первой секции соединен с первым переключаемым контактом второй секции и с выходом второго синхронного детектора, общий контакт второй секции соединен с элементом перестройки резонансной частоты измерительного резонатора, а УПЧ опорного канала выполнен в виде нормирующего усилителя-формирователя напряжения, при этом второй фазовращатель ПЧ выполнен с фиксированным фазовым сдвигом, составляющим $\pm\pi/2$, согласно изобретению дополнительно содержит устройство суммирования напряжений, генератор модуляции, синхронный детектор, фазовращатель сигнала модуляции и двухпозиционный переключатель, а первый фазовращатель выполнен управляемым, причем один из входов устройства суммирования напряжений соединен с общим контактом первой секции двухполюсного переключателя, второй - с общим контактом двухпозиционного переключателя, а выход - с управляющим частотой электродом сигнального генератора СВЧ, выход генератора модуляции соединен с одним из переключаемых контактов двухпозиционного переключателя и со входом фазовращателя сигнала модуляции, выход которого соединен с опорным входом дополнительного синхронного детектора, сигнальный вход которого соединен с выходом второго синхронного детектора, частота сигнала генератора модуляции меньше граничной частоты полосы пропускания. петли ФАПЧ гетеродинного генератора, но больше граничной частоты полосы пропускания петли ФАПЧ сигнального генератора.

Изобретение поясняется чертежом, на котором представлена блок-схема когерентного супергетеродинного спектрометра ЭПР.

Устройство содержит сигнальный 1 и гетеродинный 2 генераторы СВЧ, измерительный аттенюатор 3, смеситель опорного 4 и сигнального 5 каналов, циркулятор 6, измерительный резонатор 7 с элементом перестройки его резонансной частоты 8, УПЧ опорного 9 и сигнального 10 каналов, фазовые дискриминаторы 11 и 12, высокостабильный опорный генератор ПЧ 13, синхронные детекторы 14 и 15, фазовращатель ПЧ на $(\pm\pi/2)$ 16, третий смеситель 17, третий УПЧ 18, генератор гармоник 19, трехпозиционный переключатель режимов работы 20, управляемый фазовращатель 21, устройство суммирования напряжений 22, двухпозиционный переключатель 23, генератор модуляции 24, дополнительный синхронный детектор 25 и фазовращатель сигнала модуляции 26.

В положении «2» переключателя 23 на устройство суммирования напряжений 22 никакой дополнительный сигнал не поступает и работа устройства полностью соответствует описанию устройства-прототипа. В этом положении переключателя производятся измерения спектра ЭПР. Положение «1» переключателя 23 используется в режиме настройки правильных фазовых соотношений.

Для настройки правильных фазовых соотношений вначале переключатель 23 устанавливается в положение «2», переключатель 20 также переводится в положение «2», при котором происходит стабилизация частоты сигнального генератора в номинальном значении. Петля ФАПЧ гетеродинного генератора захвачена и обеспечивает когерентность колебаний. Производится подстройка резонансной частоты и согласование измерительного резонатора по критерию минимальной отраженной мощности СВЧ. Далее, переключатель 23 переводится в положение «1» и производится перестройка первого фазовращателя 21 до достижения максимального по модулю сигнала нужного знака на выходе дополнительного синхронного детектора 25. Найденный фазовый сдвиг фазовращателя обеспечивает точное разделение квадратурных компонент на выходах синхронных детекторов. Переключатель 23 переводится в положение «2» и ведется регистрация спектров ЭПР при любом желаемом положении переключателя 20.

Описанное выше поведение устройства поясняется ниже.

При работе петли ФАПЧ, стабилизирующей частоту сигнального генератора на номинальном значении ω_0 , на управляющем частотой генератора электроде присутствует напряжение, соответствующее генерации сигнала на этой частоте. В положении переключателя 23 «1» сигнал генератора модуляции поступает на устройство суммирования напряжений 22 и далее на управляющий частотой электрод сигнального генератора 1. Если частота генератора модуляции превышает граничную частоту петли ФАПЧ этого генератора, то сигнал модуляции не обрабатывается и

вызывает частотную модуляцию сигнала генератора 1 вблизи значения номинальной частоты. Этот сигнал имеет мгновенную частоту

$$\omega(t) = \omega_0 + \Delta\omega \cos(\Omega t + \varphi), \quad (1)$$

где $\Delta\omega$ - девиация частоты сигнала при модуляции,

Ω - частота модуляции, а φ - начальная фаза.

Поскольку полная фаза $\psi(t)$ является интегралом от мгновенной частоты $\omega(t)$, то, опуская несущественные в данном случае начальные фазы, получим

$$\psi(t) = \omega_0 t + \frac{\Delta\omega}{\Omega} \sin(\Omega t),$$

где $\frac{\Delta\omega}{\Omega} = m$ - индекс угловой модуляции.

Таким образом, при частотной модуляции сигнал сигнального генератора 1 имеет вид

$$V_{CG}(t) = V_0 \cos[\omega_0 t + m \sin(\Omega t)]$$

Такой частотно-модулированный сигнал подается на измерительный резонатор, коэффициент отражения которого имеет вид

$$\Gamma = \Gamma' + j\Gamma'' = \frac{1 - \beta^2 + [2Q_u(\omega - \omega_{0r})/\omega_{0r}]^2}{(1 + \beta)^2 + [2Q_u(\omega - \omega_{0r})/\omega_{0r}]^2} + j \frac{4Q_u\beta(\omega - \omega_{0r})/\omega_{0r}}{(1 + \beta)^2 + [2Q_u(\omega - \omega_{0r})/\omega_{0r}]^2},$$

где

$\beta = Q_u/Q_r$ - коэффициент связи резонатора;

Q_u - ненагруженная добротность резонатора;

Q_r - радиационная добротность резонатора;

ω - частота падающего сигнала;

ω_{0r} - собственная частота резонатора;

Для малых расстройек $(\omega - \omega_{0r})/\omega_{0r} \ll 1$ и связи, близкой к критической $\beta \cong 1$, с точностью до первого порядка по малым величинам, получим

$$\Gamma = \frac{1}{2}(1 - \beta) + jQ_u(\omega - \omega_{0r})/\omega_{0r} \quad (2)$$

Отраженный от резонатора сигнал имеет вид

$$\begin{aligned} V_r(t) &= V_0 \left\{ \Gamma' \cos[\omega_0 t + m \sin(\Omega t)] + \Gamma'' \sin[\omega_0 t + m \sin(\Omega t)] \right\} = \\ &= V_0 \left\{ \Gamma' [\cos(\omega_0 t) \cos[m \sin(\Omega t)] - \sin(\omega_0 t) \sin[m \sin(\Omega t)]] + \right. \\ &\quad \left. + \Gamma'' [\sin(\omega_0 t) \cos[m \sin(\Omega t)] + \cos(\omega_0 t) \sin[m \sin(\Omega t)]] \right\} \end{aligned}$$

Полагая $m \ll 1$, имеем с точностью до первого порядка по m

$$V_r(t) = V_0 \left\{ \Gamma' [\cos(\omega_0 t) - m \sin(\Omega t) \sin(\omega_0 t)] + \right. \\ \left. + \Gamma'' [\sin(\omega_0 t) + m \sin(\Omega t) \cos(\omega_0 t)] \right\}$$

и, с учетом (1) и (2), получим

$$V_r(t) = V_0 \left\{ \frac{1}{2}(1-\beta) [\cos(\omega_0 t) - m \sin(\Omega t) \sin(\omega_0 t)] + Q_u \frac{(\omega - \omega_{0r})}{\omega_{0r}} [\sin(\omega_0 t) + m \sin(\Omega t) \cos(\omega_0 t)] \right\} =$$

$$= V_0 \left\{ \frac{1}{2}(1-\beta) [\cos(\omega_0 t) - m \sin(\Omega t) \sin(\omega_0 t)] + Q_u \frac{\delta\omega + \Delta\omega \cos(\Omega t)}{\omega_{0r}} [\sin(\omega_0 t) + m \sin(\Omega t) \cos(\omega_0 t)] \right\},$$

где $\delta\omega = \omega_0 - \omega_{0r}$ - неточность настройки измерительного резонатора на центральную частоту сигнального генератора.

Раскрывая скобки и ограничиваясь членами первого порядка по малым величинам

$$m, (1-\beta), \frac{\delta\omega}{\omega_{0r}}, \frac{\Delta\omega}{\omega_{0r}}, \text{ получим}$$

$$V_r(t) = V_0 \left\{ \frac{1}{2}(1-\beta) \cos(\omega_0 t) + Q_u \left[\frac{\delta\omega}{\omega_{0r}} + \frac{\Delta\omega}{\omega_{0r}} \cos(\Omega t) \right] \sin(\omega_0 t) \right\}$$

Это означает, что при настройке измерительного резонатора, близкой к средней частоте сигнального генератора, и связи, близкой к критической, первая гармоника частоты модуляции будет присутствовать только на одном из двух квадратурных сигналов с выходов синхронных детекторов ПЧ, а именно, на выходе, несущем сигнал, пропорциональный дисперсии и расстройке резонатора ($\sim \sin(\omega_0 t)$). Для выделения сигнала первой гармоники применен синхронный детектор 25, на опорный вход которого через дополнительный фазовращатель 26 подается сигнал с генератора модуляции. Цель включения дополнительного фазовращателя 26 поясняется следующим рассмотрением.

Выделение на выходе синхронного детектора 15 чистого сигнала дисперсии и, соответственно, полное его отсутствие на выходе синхронного детектора 14, что и является целью настройки, происходит при двух значениях фазового сдвига фазовращателем 21, различающихся на π . Однако только одно из этих значений соответствует формированию отрицательной обратной связи при замыкании петли автоматического регулирования частоты. В процедуре настройки это соответствует необходимости не только максимизации амплитуды регистрируемого сигнала на частоте модуляции, но и выбору правильной фазы из двух возможных альтернатив. Выходной сигнал синхронного детектора 25 при детектировании сигнала на частоте модуляции пропорционален выражению

$$V_0 Q_u \frac{\Delta\omega}{\omega_{0r}} \cos(\phi - \vartheta),$$

где ϕ - аппаратно-зависимый набег фазы сигнала на частоте модуляции, а ϑ - сдвиг фазы фазовращателем 26.

В зависимости от значения разности $(\phi - \vartheta)$ коэффициент передачи синхронного детектора (25) будет меняться от максимального по модулю отрицательного значения до максимального положительного. Фиксация сдвига фазы ϑ в определенном приемлемом значении снимает неоднозначность в нахождении правильного сдвига фазы фазовращателем 21, поскольку процедура подбора этого сдвига фазы сводится к нахождению такого ее значения, когда сигнал на выходе синхронного детектора 25 не только достигает максимального по модулю значения, но и имеет правильный знак.

Поскольку аппаратно-зависимый набег фазы сигнала на частоте модуляции постоянен для спектрометра, то оптимальное значение сдвига фазы ϑ может быть установлено один раз, например, при первичной настройке в процессе производства.

Таким образом, данная схема позволяет производить однозначную точную настройку необходимых для корректной работы фазовых соотношений при включении спектрометра, либо в любое желаемое время путем выполнения простого алгоритма, как в ручном, так и в автоматическом режиме.

Формула изобретения

Когерентный супергетеродинный спектрометр электронного парамагнитного резонанса, включающий гетеродинный и сигнальный генераторы СВЧ, смесители опорного и сигнального каналов, циркулятор с измерительным резонатором и элементом перестройки резонансной частоты измерительного резонатора, измерительный аттенюатор, усилители промежуточной частоты (УПЧ) опорного и сигнального каналов, два фазочастотных дискриминатора с фильтрами на выходах, два синхронных детектора промежуточной частоты (ПЧ), генератор гармоник, третий смеситель, третий УПЧ, два фазовращателя ПЧ, опорный генератор и двухполюсный трехпозиционный переключатель режимов работ, причем выход гетеродинного генератора соединен с гетеродинными входами смесителей опорного и сигнального каналов, выход сигнального генератора соединен с входом измерительного аттенюатора, первое плечо циркулятора соединено с выходом измерительного аттенюатора, второе с измерительным резонатором, третье с сигнальным входом смесителя сигнального канала, выход которого соединен с входом УПЧ сигнального канала, а его выход с сигнальными входами синхронных детекторов ПЧ, выход смесителя опорного канала соединен с входом УПЧ опорного канала, а его выход с одним из входов первого фазочастотного дискриминатора и входом первого фазовращателя, выход первого фазочастотного дискриминатора системы фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) гетеродинного генератора соединен с управляющим его частотой электродом, сигнальный вход смесителя опорного канала соединен с выходом измерительного аттенюатора, вход генератора гармоник соединен с выходом высокостабильного опорного генератора ПЧ, а выход с опорным входом третьего смесителя, сигнальный вход которого соединен с выходом сигнального генератора СВЧ, выход третьего смесителя соединен с входом третьего УПЧ, выход которого соединен с одним из входов второго фазового дискриминатора, другой вход которого соединен с выходом высокостабильного опорного генератора ПЧ, второй вход первого фазочастотного дискриминатора соединен с выходом высокостабильного опорного генератора ПЧ, а опорный вход второго синхронного детектора ПЧ соединен с выходом второго фазовращателя ПЧ, вход которого соединен с выходом первого фазовращателя и опорным входом первого синхронного детектора ПЧ, первый и второй переключаемые контакты первой секции переключателя соединены с выходом второго фазочастотного дискриминатора, третий переключаемый контакт первой секции соединен с первым переключаемым контактом второй секции и с выходом второго синхронного детектора, общий контакт второй секции соединен с элементом перестройки резонансной частоты измерительного резонатора, а УПЧ опорного канала выполнен в виде нормирующего усилителя - формирователя напряжения, при этом второй фазовращатель ПЧ выполнен с фиксированным фазовым сдвигом, составляющим $\pm\pi/2$, отличающийся тем, что он дополнительно содержит устройство суммирования напряжений, генератор модуляции, синхронный детектор, фазовращатель сигнала модуляции и двухпозиционный переключатель, а первый фазовращатель выполнен управляемым, причем один из входов устройства суммирования напряжений соединен с общим контактом первой секции двухполюсного переключателя, второй - с общим контактом двухпозиционного переключателя, а выход - с управляющим частотой электродом сигнального генератора СВЧ, выход генератора модуляции соединен с одним из переключаемых контактов двухпозиционного переключателя и с входом фазовращателя сигнала модуляции, выход которого соединен с опорным входом дополнительного синхронного детектора, сигнальный вход которого соединен с выходом второго синхронного детектора, частота сигнала генератора модуляции меньше граничной частоты полосы пропускания петли ФАПЧ гетеродинного генератора, но больше граничной частоты полосы пропускания петли ФАПЧ сигнального генератора.

ИЗВЕЩЕНИЯ

ММ4А Досрочное прекращение действия патента из-за неуплаты в установленный срок пошлины за поддержание патента в силе

Дата прекращения действия патента: **30.11.2015**

Дата публикации: [20.07.2016](#)

